

Среднее значение скорости выщелачивания водой при температуре 90° С из матричного материала на основе алюмината неодима составляет порядка $2,5 \cdot 10^{-9} \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^2 \cdot \text{сут}} \right)$ и стремится к значению $2,66 \cdot 10^{-9} \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^2 \cdot \text{сут}} \right)$, обусловленное насыщением матричными материалами выщелачивающего раствора. Среднее значение скорости выщелачивания $2,46 \cdot 10^{-9} \frac{\text{г}}{\text{см}^2 \cdot \text{сут}}$, что в 100 раз ниже, чем максимально допустимая скорость выщелачивания актинийидов из отвержденных материалов $10^{-7} \frac{\text{г}}{\text{см}^2 \cdot \text{сут}}$ в соответствии с ГОСТ Р 50926-96 [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахмедзянов В. Р., Лащёнова Т. Н., Максимова О. А. Обращение с радиоактивными отходами. – Москва: Энергия, 2008. – 284 с.
2. Кулагин В. А., Кулагина Т. А., Матюшенко А. И. Переработка отработавшего ядерного топлива и обращение с радиоактивными отходами // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. – 2013. – Т. 6. – №. 2. – С. 123–149
3. Шлёнский О. Ф. Горение и взрыв материалов. – Москва: Машиностроение, 2012. — 215 с.
4. Посохов Д.В., Кузьмин В.С., Луцк И.О. Исследование влияния давления прессования на образование алюминидного перовскита полученного методом СВ-синтеза // Материалы конференции в рамках Научной сессии НИЯУ МИФИ. – Северск, 2016. – С. 45–45.
5. ГОСТ Р 52126-2003. Отходы радиоактивные. Определение химической устойчивости отвержденных высокоактивных отходов методом длительного выщелачивания. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 12 с.
6. ГОСТ Р 50926-96 Отходы высокоактивные отвержденные. Общие технические требования. – М.: Госстандарт России, 1996. – 8 с.

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СПЕКТРОВ ИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИНТЕРФЕРОГРАММ В МИЛЛИМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН

М. И. Волков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: miv5@tpu.ru

THE ANALYSIS OF THE FEATURES OF SPECTRUM RECONSTRUCTION IN MILIMETRES WAVELENGTH RANGE FROM THE EXPERIMENTAL INTERFEROGRAMS.

M. I. Volkov

National Research Tomsk Polytechnic University

Annotation. In the present paper the features of obtaining spectrums from the interferograms based on discrete Fourier transformation (DFT) are investigated. Methods of minimising of DFT leakage such as interferogram's zero-padding and apodisation were considered. This method has been tested on the real experimental data. Algorithms of DFT and fast Fourier transformation (FFT) were written in Wolfram Mathematica.

Одной из наиболее важных задач в экспериментах является получение и анализ спектральных характеристик излучения. Спектральные характеристики излучения в этом диапазоне могут быть получены измерением интерферограмм с использованием интерферометров различного типа.

Одним из наиболее распространенных и простых способов получения спектров является дискретное преобразование Фурье (ДПФ) интерферограмм [1]. Рационализированной версией ДПФ является БПФ (быстрое преобразование Фурье), которое используется в практических расчетах.

В качестве исходных данных для получения спектра применяются интерферограммы, полученные с помощью интерферометра. В миллиметровом диапазоне волн для этих целей используется интерферометр Мартина-Паплетта [2], схема которого представлена на рис.1.



Рис. 1. Схема интерферометра Мартина-Паплетта

Исследуемый пучок проходит через поляризатор 1 и попадает на делитель пучка, на котором он делится на две взаимно перпендикулярные поляризации излучения, одна из которых проходит, а другая отражается. Далее каждая составляющая попадает на соответствующее ей зеркало и отражается от него, в результате чего фаза изменяется на 90 град. Попадая снова на делитель пучка первоначально отразившаяся составляющая проходит через этот поляризатор, а первоначально прошедшая — отражается от него. Далее две составляющих движутся в одной плоскости поляризации в сторону детектора. Изменяя положение одного из зеркал и фиксируя интенсивность полученного излучения на детекторе получаем интерферограмму. Полученную интерферограмму с помощью ДПФ можно преобразовать в спектр с помощью формулы ДПФ и БПФ.

Недостатком ДПФ и БПФ является утечка, которая заключается в «перетекании энергии» в «соседние частоты» и возникает, когда исследуемая в спектре частота не соответствует частоте одной из компонент в исходном сигнале. Для минимизации влияния утечки ДПФ нами была применена аподизация, которая заключается в умножении исходной интерферограммы на функцию окна, сглаживающую концы интерферограммы с ненулевой интенсивностью. При этом несколько ухудшается спектральное разрешение в процедуре восстановления спектра.

Для улучшения спектрального разрешения в процедуре восстановления спектра нами был использован метод дополнения интерферограммы нулями.

Рассмотрим особенности восстановления спектральной картины на примере интерферограммы, полученной из интерферометра Мартина-Паплетта от излучения при взаимодействии выведенного пучка релятивистских электронов с энергией 6.1 МэВ из тефлоновой мишени [3]. Макро-импульс ускоренных электронов длительностью 4 мкс. представляет собой последовательность электронных сгустков с периодом 380 псек. Населённость сгустка $N_e = 7 \cdot 10^7$.

Полученная интерферограмма представлена на рис. 2а.

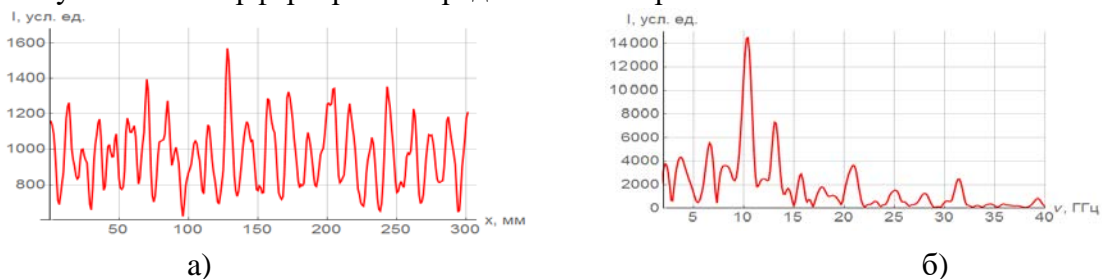


Рис. 2. Исходная интерферограмма (а) и восстановленный из нее спектр (б)

Предварительно домножив интерферограмму на функцию Хэмминга (функция окна) и дополнив количество ее общих элементов с $N = 512$ до $N = 2048$ нулями получим спектр, представленный на рис. 16. На этом рис. представлены 4-ый, 5-ый и 6-ой порядки резонансов на последовательности электронных сгустков. Построенный спектр был построен с помощью алгоритма БПФ, разработанный нами в пакете «Wolfram Math».

Для оценки влияния дополнения интерферограммы нулями сопоставим предыдущий спектр со спектром без добавления нулей, т.е. $N = 512$ (рис. 3а).

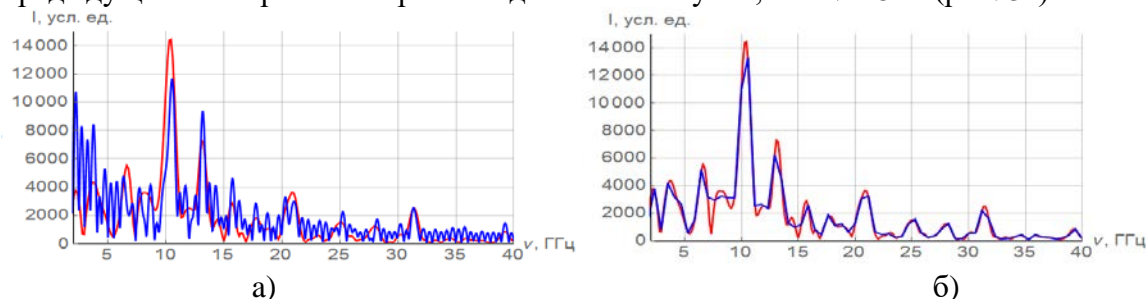


Рис. 3. Сопоставление спектров: (а) — для оценки влияния аподизации (синий спектр с аподизацией, красный — без); (б) — для оценки влияния дополнения интерферограммы нулями (для синего спектра $N = 2048$, для красного $N = 512$)

Для оценки влияния аподизации сопоставим два спектра, отчеты интерферограммы одного из которых умножены на функцию Хэмминга, а отчеты другой интерферограммы не изменены. Число элементов в интерферограммах равны $N = 2048$. Результаты представлены на рис. 4б (интенсивность спектра без окна уменьшена вдвое). Влияние максимумов интенсивности у боковых лепестков подавлено, при этом несколько ухудшилось спектральное разрешение в процедуре восстановления спектра.

Из всего вышесказанного следует подчеркнуть, что дополнение интерферограммы нулями позволяет улучшить спектральное разрешение в процедуре восстановления спектра. Из минусов данного метода только увеличение времени вычисления ДПФ. Аподизацию следует применять только в том случае, когда концы интерферограммы имеют ненулевую интенсивность, поскольку несколько ухудшается спектральное разрешение в процедуре восстановления спектра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ричард Лайонс. Цифровая обработка сигналов: Второе издание. Пер. с англ. — М.: Бином-Пресс, 2006. — 656 с.
2. Lars Fröhlich. Bunch Length Measurements Using a Martin-Puplett Interferometer at the VUV-FEL. Diploma Thesis. Desy-Thesis 2005-011 TESLA-FEL 2005-02 June 2005. — 52 p.
3. Науменко Г.А., Потылицын, А.П., Шевелёв М.В., Шкитов Д.А., Попов К.Е., Вуколов А.В. Квазичеренковский механизм излучения релятивистских электронов, пролетающих вблизи многослойной призматической мишени // Письма в ЖЭТФ. — 2020. — Т. 1115. — №5. — С. 295–299.